



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Elemente des Steinbaues systematisch bearbeitet nach den Resultaten der praktischen Baukunst

ein Lehrbuch und Vorlagenwerk für Baugewerksmeister, Steinhauer,
Architekten, Ingenieure und bautechnische Anstalten

Constructionen des Bruchstein- und Quaderbaues

Möllinger, Karl

Halle, 1869

A. Bestimmung der Mauerstärken.

urn:nbn:de:hbz:466:1-15450

Mauerconstructionen.

A. Bestimmung der Mauerstärken.

I. Dicke der Mauern, die nicht überwölbt sind.

Tafel I.

Sehr lange Mauern die freistehen, haben gewöhnlich den Zweck, Einfriedigung von Hofräumen, Gefängnissen bei Gebäuden etc. abzugeben. Bilden hingegen lange Mauern die Umfassung bei Gebäuden, so ist ihre Aufgabe eine doppelte, erstens die Innenräume gegen den Witterungswechsel abzuschliessen, zweitens den senkrechten Druck der Balkenlage und Dachconstruction aufzunehmen; oder es kann drittens bei Hauptmauern auch ein senkrechter und schiefer Druck zusammenwirken. Das letztere ist z. B. bei den Hausmauern fast immer der Fall, da sie gegen den Erddruck Futtermauer und zur Aufnahme der Kellergewölbe Widerlager bilden.

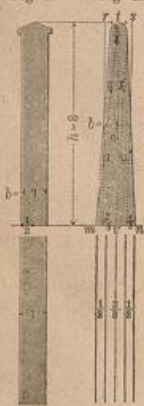
Diese Momente sind es, welche die Stärke der Mauern bei Hochbauten bedingen. Nicht allein von der zu tragenden Belastung und der Widerstandskraft des Materials woraus sie zusammengesetzt sind, kann die Mauerstärke abhängig sein, sondern mehr noch von dem Verhältnisse der Grundfläche zur Höhe und Länge, sowie der ganzen Form der Mauer oder des Pfeilers, als stützendem Theile des Oberbaues; wobei es vorzüglich die Querschnitt- und Grundrissform derselben ist, welche für die zu tragende Last das Gleichgewicht auf die Dauer zu erhalten hat. Ausserdem ist noch in Betracht zu ziehen, die Lage des Gebäudes gegen atmosphärische Einflüsse, die Zahl der Thür- und Fensteröffnungen und besonders die Verbindung durch Scheidemauern.

Je vortheilhafter alle diese Umstände zusammentreffen, um so günstiger sind sie in stabiler Hinsicht und desto schwächer darf man die Mauern machen und umgekehrt.

Was hingegen das Material betrifft, so wird unter sonst gleichen Beziehungen eine Quadermauer dünner als eine Backsteinmauer, diese dünner als eine Bruchsteinmauer, die nur von mehr unregelmässigen Steinen hergestellt ist, gemacht werden können. In jedem Falle aber dünner, je kürzer und je niedriger die Mauer, je besser der Mörtel und der Verband der Steine, je mehr lothrecht die lastenden und erschütternden Kräfte wirken, je geschlossener die Mauer in ihrer Grundrissform und endlich je gegenseitiger die innern und äussern Mauern des Gebäudes mit einander in Verband stehen und sich unter einander selbst stützen. Sind hingegen Mauern auf Horizontalschub angegriffen, so leistet diejenige den verhältnissmässig grössten Widerstand, die unter den vorherangegebenen gleichen Beziehungen, aus einem Material von möglichst grossem absoluten Gewichte, hergestellt ist.

Schon aus den einfachsten statischen Grundsätzen ist uns bekannt, dass freistehende Mauern und Pfeiler gegen Angriff und Umsturz durch pyramidale Form gesichert sind.

Fig. 1. Fig. 2.



Es spricht gerade diese Form, wie schon die blosse Vergleichung der Mauerquerschnitte Holzschnitt 1 und 2 veranschaulicht, sich in Rücksicht auf Festigkeit und Dauer, ausserordentlich befriedigend aus.

Bei dem gleichförmigen Querschnitte beträgt die Höhe acht Mauerdicken und liegt der Schwerpunkt in der Mitte des Rechteckes. Der Querschnitt der pyramidalen Mauer hat mit der ersteren einen gleich grossen Quadrat-Inhalt und findet man den Schwerpunkt des Trapezes auf der Loth- oder Halbirungslinie t v in $0 = 3,26$ von v entfernt.

Für das Widerstandsmoment W (der Mauer Nr. 1), beträgt auf die Längeneinheit = 1 wenn $b=1$, $h=8$ ist:

$$W = b h \cdot \frac{b}{2} = \frac{1}{2} (b^2 h) = \frac{8}{2} = 4.$$

Für das Widerstandsmoment W_1 (der Mauer Nr. 2), beträgt unter den gleichen Bedingungen, wenn $b = 1\frac{1}{2}$ ist:

$$W_1 = b h \cdot \frac{2b}{3} = \frac{2}{3} (b^2 h) = \frac{16}{3} = 5\frac{1}{3}.$$

Ferner ist bekannt, dass eine Mauer vom einfachsten Grundriss und geringer Dicke, verstärkt und aufrecht ge-

halten wird, durch in Abständen angebrachte Verdickungen oder Strebpfeiler und es verhält sich angestellten Untersuchungen zufolge, der Widerstand einer Mauer von der Form des Holzchnittes Nr. 3., zu der Mauer des Holzchnittes Nr. 1., welche beide auf 4 Längeneinheiten einen gleichen körperlichen Inhalt haben, für die Breite $b = 1$, die Höhe $h = 8$; im ersten Falle, wie:

$$W_2 = b h \cdot 4 \cdot \frac{b}{2} = 2 b^2 h;$$

für den zweiten Fall der Mauer mit Strebpfeilern, ist:

$$W_3 = 3 \cdot \frac{3}{4} b h \cdot \frac{3}{2} b + 1\frac{1}{4} b h \cdot \frac{7}{8} b,$$

$$= \frac{27}{32} b^2 h + \frac{49}{32} b^2 h = \frac{76}{32} b^2 h = 2\frac{3}{8} b^2 h;$$

also um $\frac{3}{8}$ grösser als im ersten Falle, oder auf 1 reducirt wie:

$$W_2 : W_3 = 2 b^2 h : 2\frac{3}{8} b^2 h = 2 : \frac{19}{8},$$

$$W_2 : W_3 = 1 : 1\frac{3}{16} = 1 : 1,1875.$$

Durch die Pfeileransätze wird dem Widerstand gegen Umsturz aber nicht allein ein grösserer Hebel an der Basis entgegen gesetzt, sondern die Wiederkehren vergrössern das statische Gleichgewicht dadurch noch in vermehrtem Grade, indem der Eckverband einer Mauer mit Strebpfeilern bei mässiger Dicke, die zuverlässigsten Verstärkungen ergibt.

Bei einer Maueranlage wie die des Holzchnittes 3., bilden ferner die Pfeilervorsprünge gegen das Innere offene Nischen und wird dadurch Raum gewonnen. Dem Einflüsse der Witterung auf das Material wird, wie bei der Mauer mit gleichförmigem Querschnitte, ein gerade geschlossener Mauerkörper entgegengesetzt. Um aber die äussere glatte Mauerfläche noch zu theilen, können der innern Struktur entsprechend, schmale Wandstreifen oder Pilaster vorgelegt werden, welche alsdann auch das Mittel bieten, ohne viel Kosten einer solchen Mauer, ihren architektonischen Ausdruck zu verschaffen (romanische, spätgothische und Renaissance-Architektur).

Das Widerstandsmoment einer Mauer wird aber dadurch ein noch grösseres, wenn man die Strebpfeiler nach Aussen verlegt und denselben entweder eine pyramidale oder nach Oben zurückgesetzte Form gibt; wie dies die Holzchnitte 4. und 5. veranschaulichen. — Unter den gleichen Bedingungen des körperlichen Inhalts auf je 4 Längeneinheiten des Holzchnittes 1., erhalten wir bei der Strebpfeiler-Anlage Holzschnitt 5., für das Widerstandsmoment:

$$W_4 = 3\frac{3}{4} b h \cdot \frac{3}{8} b + \frac{19}{16} b \cdot \frac{19}{32} h + \frac{21}{16} b h \left(\frac{39}{32} b\right)$$

$$= \frac{27}{32} b^2 h + \frac{171}{1024} b^2 h + \frac{819}{512} b^2 h$$

$$= \frac{2673}{1024} b^2 h$$

$$= 2,61 b^2 h$$

Es verhalten sich mithin die Widerstandsmomente der Mauer-Anlagen Holzschnitt 1., 3. und 5. auf je 4 Längeneinheiten: $W_2 : W_3 : W_4 = 1 : 1,1875 : 1,305$.

Bildet der Grundriss eines Gebäudes ein Viereck von nicht zu langen Seiten, wobei die Breite etwa gleich der Mauerhöhe, die Länge aber höchstens 2 Mauerhöhen beträgt, so werden die Vorkehrungen von Holzschnitt 3. bis 5., d. h. die Strebpfeileransätze ersetzt. — Bei runder oder polygoner Grundrissform brauchen die Strebpfeiler

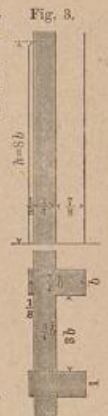


Fig. 4. Fig. 5.



*) Dieses Verhältniss würde noch weit günstiger sich herausstellen, sobald die Entfernung der beiden Schwerpunkte von der Basis, resp. das Verhältniss der Hebelsarme mit in Betracht gezogen würde; denn bei der pyramidalen Mauer liegt der Schwerpunkt nicht in der Mitte der Lothlinie oder in der Entfernung der Basis = 4 (wie bei dem Prisma), sondern nur = 3,26. Den Schwerpunkt der Mauer Nr. 2. findet man auf graphischem Wege, indem ein jedes halbe Trapez durch die Diagonalen m t und v s in Dreiecke zerlegt und jede Diagonale in drei gleiche Theile getheilt wird; verbindet man den Theilpunkt II mit II' durch eine Gerade II II', so ist der Schnittpunkt mit v t in 0 , der gesuchte Schwerpunkt des Trapezes. Durch Rechnung findet man die Entfernung x des Schwerpunktes 0 von der Grundlinie mn ; wenn v $t = a = 8$; $mn = s = 1\frac{1}{2}$; r $s = s = \frac{1}{3}$ ist; aus der Gleichung:

blos nach Aussen zu angebracht zu werden. Eine der günstigsten Grundrissformen zeigt der Holzschnitt 6, wo wegen der vierfachen Wiederkehren die Mauern sich gegenseitig stützen. Bei Ringmauern vieler alter Städte bilden in ähnlicher Weise erkerartige Vorsprünge, eine unverhältnissmässige Verstärkung gegen Angriff und Umsturz.



Die Grundrisse der Holzschnitte 7—10 stellen Zusammensetzungen verschiedener gerader und runder Mauer-Anordnungen dar, die nach dem System der Strebpfeiler mit Eckverstärkungen versehen sind. Bei dem Holzschnitt 7, sind die Ecken diagonal abgestumpft und durch schmale Wand-Streifen gegliedert. Der Holzschnitt 8, stellt den Schluss eines Chores dar, wobei die Seite $a b$ gleich B , $c d$ und $a c$ und $b f$ Tangenten an den Halbkreis sind. Es kann aber auch $a c = c b$ gemacht und dann die Tangenten der Anschlusseiten an den Halbkreis gezogen werden indem, wegen der innern Perspective, $a b$ stets grösser als wie $a c$ und $b f$ sein soll.



Bei den Holzschnitten 8. und 10. sind die Strebpfeiler gleich der Mauerdicke vorgelegt, wobei in 10 die Seiten des regulären Achteckes noch durch halbkreisförmige Altarnischen sich erweitern. Der Holzschnitt 9. stellt hingegen eine einfache romanische Chornische nach dem Halbkreis dar, und bleibt zu bemerken, dass besonders bei den grössern Kirchen sowohl des vorgotischen (romanischen) wie gotischen Stils, der Choreschluss insehmannigfachen Modifikationen beider Grundformen (Holzschnitt 9. und 8.) Anwendung fand. So findet sich bei gotischen Kirchen der Schluss des Chores, oft nach 3 oder 5 Seiten des Achteckes (Holzschnitt 8), 3 oder 5 Seiten des Zehneckes, und selbst 3 oder 5 Seiten des Siebeneckes, u. s. w. ausgebildet.



Bei sehr einfachen kirchlichen Bauten, wie Dorfkirchen, zieht man es aber vor, den Choreschluss rechteckig anzulegen, indem man die Breite gleich $\frac{2}{3}$ der lichten Schiffweite, die hier selten mehr wie 24 bis 30' beträgt, macht; wird dieses Mass als die Diagonale eines Quadrates betrachtet, so gibt dessen Seite alsdann die Tiefe der Chornische ab; oder man giebt dem Chor $\frac{1}{3}$ der lichten Schiffweite zur Tiefe und $\frac{2}{3}$ zur Breite.

Nach einer alten Mauerregel gibt man der Mauer- und Strebpfeiler-Stärke des Chores $\frac{1}{10}$ der lichten Chorweite und bei mit Kreuz- oder Sterngewölben bedeckten Feldern, erhalten dann die Strebpfeiler einen Vorsprung über die äussere reine Mauer gleich zwei Mauerstärken ($= \frac{1}{5}$ der lichten Chorweite), oder zum wenigsten die Grösse der Diagonale des mit der Mauerdicke gebildeten Quadrates.

Für die Hausmauern gelten im Allgemeinen ganz dieselben Regeln, wie sie für die vorher erwähnten Grundrissformen ausgesprochen worden sind, nur dient hier noch die weitere Regel zur Massnahme, wonach eine Lastübersetzung (grösseres Gewicht der getragenen Theile wie der stützenden), ebenso sehr schaden kann, als eine senkrechte gleichmässig verteilte Belastung zur Sicherheit und Festigkeit der Hausmauern beiträgt. — In letzterer Beziehung sind namentlich die durch Untergänge, Decken und Fussböden zu horizontalen Flächen von bestimmter Form verbundenen Gebälke, sowie die Dachstühle und Mittelwände, durch Hilfsconstruktionen (Verankerungen) vorthellhaft zu benutzen; wie denn die Mittelwände oft gleichsam die Strebpfeiler ersetzen. Es wäre jedoch sehr zu tadeln, wenn man von den Balkenlagen oder der Construction der Scheidewänden, den sicheren Stand der Umfassungsmauern allein abhängig machte und ihre Wirkungen mehr als eine natürliche Zugabe ansehen wollte. Denn der Erfahrung nach verdanken viele Wohngebäude bei Feuersbrünsten hauptsächlich einer solchen unrichtig berechneten Construction ihr Verderben, indem der Dachstuhl, dessen Grat- und Kollstreben in Feuer aufgegangen sind, oft schon hinreicht, den zu dünnen Mittelmauern ihren Halt zu nehmen. Eine Verschwächung erleiden die Hausmauern durch die Thüren und Fenster und es ist zweckmässig, diese so viel wie möglich von den Ecken und Wiederkehren der Mauern fern zu halten.

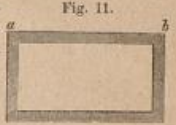
Ferner soll keine Mauer, am allerwenigsten eine Brand- oder Feuermauer

auf Holz oder Balken gesetzt werden. Ist es nicht zu umgehen, eine Wand auf hohlliegende Gebälke zu setzen, so muss selbige möglichst leicht gemacht, abgesprengt und nicht ausgemauert, sondern blos durch Schaalbretter, die auf beiden Seiten wie die Decken verbohrt oder verlatet und geputzt hergestellt sind, oder aber, die gleich den Zwischenwänden in Schiffen aus 3 bis 4 Zoll starken tannenen Dielen zusammengefügt und verdübelt werden.

Zur gründlichen Bestimmung der Mauerstärken in gegebenen besonderen Fällen hat man schon wegen der grossen Ungleichheit der zu verwendenden Materialien, keine festen Regeln. Zwar lässt sich unter gegebenen Umständen die Last oft mit ziemlich grosser Genauigkeit bestimmen, aber es ist die Berechnung des Widerstandes den der Baustoff, der Mörtel, der Verband, u. s. w. leisten, meist unsicher; deshalb müssen wir uns immernoch an allgemeine Erfahrungssätze halten und jedenfalls besser etwas zu viel als zu wenig für die Festigkeit thun. Allein auch gerade darin besteht eine grosse Forderung an die neuere Technik, in keiner Weise zu viel Material-Aufwand und unnütigen Widerstand zu schaffen. Es folgen deshalb mehrere empirische Regeln zur Bestimmung der Mauerdicken bei mehrstöckigen Wohngebäuden etc., die mit den Erfahrungen übereinstimmen.

In den meisten Fällen ist die Tragfähigkeit der Bausteine bei weitem grösser als nothwendig, und deshalb macht man auch die Dicke der Mauern weniger von der Tragfähigkeit des Steines abhängig, als vielmehr von dem innern Zusammenhange der Mauern (d. h. weniger auf das Zerdrücken des Steines als vielmehr auf das Verschieben ist Rücksicht zu nehmen). Nehmen wir zunächst die Standhaftigkeit für lagerhafte Bruchsteine vor, so ist der Erfahrung nach die Standhaftigkeit einer nur durch ihr eigenes Gewicht belasteten Mauer, gross genug bei achtfacher Dicke zur Höhe; bei günstigeren Verhältnissen und bei Backsteingemäuer genügt die zehnfache Dicke zur Höhe; bei Quadern ist die zwölffache Dicke der Höhe noch hinreichend. Mauern aus runden Steinen (Gerölle oder Findlingen etc.) gibt man die 6 bis $7\frac{1}{2}$ fache Dicke zur Höhe. Diese Annahmen beziehen sich auf Mauern, deren Länge gleich der doppelten Höhe $= 2 h$ ist und die nicht durch Thür- oder Fensteröffnungen etc. durchbrochen sind.

Es sei für eine rechteckig geschlossene Mauer (Holzschnitt 11), die frei und unbedacht gedacht ist, die Dicke D zu bestimmen, wenn H die Höhe, L die Länge, a der unveränderliche Coefficient für obige Standfähigkeiten

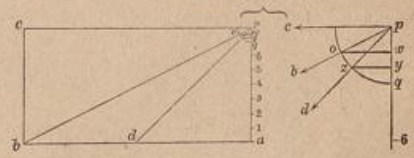


$$\left(\frac{1}{8} \frac{1}{10} \frac{1}{12} \right) \text{ bedeutet; wir erhalten dann:}$$

$$D = \frac{a \cdot H \cdot L}{\sqrt{L^2 + H^2}} \text{ oder } D = \frac{H}{8} \times \frac{L}{\sqrt{L^2 + H^2}}$$

Ist z. B. L im Verhältnis H sehr gross, wie dies bei Garten-, Gefängnis- oder Einfriedigungsmauern etc. gewöhnlich der Fall ist, und wäre $H = 8$; so ist $D = \frac{8}{8} = 1$.

Um gemäss den vorher gemachten Angaben die Mauerstärke verschieden langer Mauern, von der Mauer, deren Länge $= 2 h$ und Dicke $= \frac{h}{8} \frac{h}{10} \frac{h}{12}$ ist, durch graphische Construction abzuleiten, beschreibe man mit dem längsten Ueber-schuss der Mauerseite über $2 h$, ein Rechteck, dessen Breite gleich der Mauerhöhe ist. Hätte man demgemäss das Rechteck $a b c p$ Holzschnitt 12 construirt, so ist die Diagonale $p b$ zu ziehen; die Seite $p a = h$, je nach der Anwendung des Materials in 8, 10 oder 12 Theile zu theilen und mit einem solchen Theile, den Bogen $q o$ zu beschreiben. Die



Entfernung des Durchschnittspunktes o mit der Diagonale $p b$ von der Linie $p a$ des Rechtecks, ist dann die gesuchte grössere Mauerdicke über $\frac{h}{8} \frac{h}{10} \frac{h}{12}$. Alle übrigen Mauerseiten der Einschliessung, für welche der entsprechende Zuschlag der Mauerstärke zu bestimmen ist, werden nun der Reihe nach von a gegen b zu abgetragen, die Diagonalen, z. B. $p d$ gezogen und so auf ganz gleiche Weise wie vorher weiter verfahren, wo dann der jedesmalige Zuschlag der Mauerdicke $= z y$ u. s. w. gefunden wird. Bei Mauern von sehr unregelmässigem Grundriss, wie Fig. 1. Tafel I., dient ein Arm dem anderen zur Stütze und es

$$x = \frac{1}{4} a \cdot \frac{S^2 + 2 e S + 3 s^2}{S^2 + e S + s^2}$$

$$\frac{8}{4} \frac{1,333^2 \dots + (2 \times 0,666 \dots \times 1,333 \dots) + 3 \times 0,666^2 \dots}{1,333^2 \dots + 0,666 \dots \times 1,333 \dots + 0,666^2 \dots}$$

$$= \frac{2 \cdot 1,777 + 1,777 + 1,333}{1,777 + 0,888 + 0,444} = 2 \times 1,63 = 3,26$$

Es stehen nun die Widerstandsmomente der beiden Mauern aber im umgekehrten Verhältnisse wie die Entfernung ihrer Schwerpunkte von der Basis; d. h.: $W : H_1 = 4 \times 3,26 : 5\frac{1}{2} \times 4 = 14,04 : 21,33 = 1 : 1,52$

erfordern hier gerade die längeren Seiten am meisten eine Verstärkung. So wäre z. B. zur Umfassung eines Gefängnisshofes eine Einfriedigungsmauer aus Quadern zu erbauen, wobei die Seite $a b = 2 h$ ist, und deren Querschnitt Fig. 2, Tafel I. in $e f g h$ dargestellt ist: man erhält dann die Dicke der übrigen Mauerseiten, wenn man wieder den Ueberschuss der Länge $b c - a b = f h$ in Fig. 2 als winkeliges Dreieck $g f h$ anträgt, aus g mit dem rad. $\frac{f g}{8} = g j$ den Kreisbogen $j i m$ beschreibt, welcher die Diagonale $g h$ in i schneidet und $f k =$ dem Mehrbetrag der Mauerstärke ergibt. Ebenso verfährt man bei $d c$, wo $f l = d c - a b$ ist und $f n + \frac{h}{8}$ als Mauerdicke gefunden wird.

In der Praxis nimmt man jedoch selten Rücksicht auf die verschiedenen Längen gleichhoher Mauern, und macht sie alle gleich dick. — Die Fig 3 und 4 sind Beispiele ausgeführter Hofmauern neu erbauter Gefängnisse, deren Fundamente gegen den Durchbruch durch Miniren möglichst tief zu gründen sind und wird hierbei das Besteigen der Mauer, auch durch möglichst glatte Aussenflächen zu verhindern gesucht.

Durch das Oben angegebene graphische Verfahren lässt sich auch leicht die Umfassungsmauer, welche ihrer Form nach eine kreisförmige ist, bestimmen; da dieselbe die grösste Standfestigkeit besitzt, so kommt man zu einem hinglänglich genauen Resultate, wenn man in den Kreis ein Zwölfeck beschreibt und hierzu wie Oben, die entsprechende Mauerdicke bestimmt.

Wenn die zwei äusseren, gegenüberstehenden Mauern eines Baues durch ein einfaches Dach, also durch Dachbalken und ausserdem nicht noch durch Zwischenbalken verbunden sind, aber ihre Höhe und Entfernung bestimmt ist, so kann die Mauerdicke durch folgende graphische Construction noch mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden: Man siehe Holzschnitt 13, die Diagonale $C B$ und trage auf derselben von B nach b den 12ten Theil der Höhe $A B$ ab, so ist die zu suchende Mauerdicke $= b b'$ bestimmt. Es wäre diese Mauerdicke nöthig, wenn der gegen die Mauer sich stützende Seitenbau nicht vorhanden wäre. Lässt man denselben deshalb unberücksichtigt, so erhält die dadurch bestimmte Mauer eine etwas zu grosse Stärke. Es ergibt sich diese Mauerstärke auch durch Rechnung etwa wie Oben; indem $A C = L$ und $A B = H$ ist; dann wird:

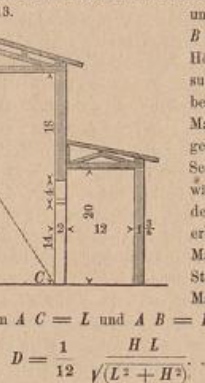


Fig. 13.

Bei den auf einer Seite freien äusseren Umfassungsmauern von Wohngebäuden kommt es in Betreff der Mauerstärke, auf die Tiefe der Gebäude oder die Zahl der Zimmerreihen sehr an. Die Mauern müssen dann stärker werden, wenn zwischen den beiden Frontmauern nur eine Zimmerreihe sich befindet, während, wenn zwei Zimmerreihen auf die Bautiefe angebracht werden, so tragen die mit den Frontmauern parallelen Mittelmauern noch mit. Im ersten Falle erhält man ein durch die Erfahrung bewährtes Resultat dadurch, dass man die Bautiefe (z. B. = 24') zur halben Höhe (z. B. = 18') addirt und von der erhaltenen Summe (= 42') den 24ten Theil als die geringste Mauerdicke (= 1 3/4") annimmt; dieser Dicke wird für Backsteingemäuer noch 1 Zoll zugesetzt und für Bruchsteingemäuer mit lagerhaften Steinen 3 Zoll. Bei doppelter Zimmerreihe mit nur einer Mittel- oder Tragmauer der Deckenbalken, summire man nur die halbe (anstatt wie vorher die ganze) Bautiefe zur halben Höhe, nehme von der Summe ebenfalls den 24ten Theil und verfähre wie Oben. In der Praxis befolgen verschiedene Bauleute bei Bestimmung der Verhältnisse der Stärken für die Frontmauern aus Bruchstein-, Backstein- und Quadergemäuer auch oft folgende von dem einstöckigen Baue abgeleitete Regel:

- bei Bruchsteinen (lagerhaften) . . . 2' 3" bis 1' 7" Stärke
- „ Backsteinen (2 Steine) . . . 1' 10" „ 1' 4" „
- „ Quadern (gut ausgeführt) . . . 1' 6" „ 1' 2" „

Bei Gebäuden von mehreren Stockwerken setzen dieselben alsdann der Dicke der äusseren Mauer auf jedes Stockwerk zu obigen Stärken, wenigstens 3 Zoll, (besser aber 5 bis 6 Zoll) hinzu; die innern Scheidemauern können, wenn sie Tragmauern sind, mit derselben Stärke wie die Frontmauern des einstöckigen Baues, alsdann gleich dick durchgeführt werden. — Fast allgemein gibt man der äusseren Bruchsteinmauer für unsere gewöhnlichen zweistöckigen Wohnhäuser, im obersten Stockwerk 1' 9" bis 2' und im untern 2' 3" bis 2' 6"; woraus dann wie vorstehend die Dicke der aus Quadern oder Backsteinen herzustellenden untern Stockwerke, auch für alle mehrstöckigen Gebäude, leicht zu bestimmen ist. (Fig. 5., 6. und 7. Tafel I.)

Nach Redtenbacher berechnet man die Stärke (e) der Umfassungsmauern:

$$\begin{aligned} \text{im höchsten Stockwerke: } e_1 &= \frac{t}{40} + \frac{h_1}{25} \\ \text{im darunterliegenden: } e_2 &= \frac{t}{40} + \frac{h_1 + h_2}{25} \\ \text{„ „ } e_3 &= \frac{t}{40} + \frac{h_1 + h_2 + h_3}{25} \end{aligned}$$

wenn t die Tiefe des Raumes, h_1, h_2 und h_3 die Höhe der Stockwerke bezeichnen.

Es hängt aber, wie Oben bereits bemerkt worden ist, die Dicke der Mauern nicht blos von der Stockwerksöhe, sondern auch von der Grösse und Lage der Zimmer, sowie auch von der Anzahl der sie durchbrechenden Thür- und Fensteröffnungen ab. Einstöckige Wohnhäuser von höchstens 40 bis 45' Bautiefe, deren Zimmer nicht mehr als $300 \square$ Grundfläche und höchstens 10' lichte Höhe haben, erfordern bei gewöhnlicher Thür- und Fenstereinteilung, (wenn die Pfeiler zum Wenigsten noch 1 1/2 Länge der Lichtöffnungen erhalten,) doch 18 Zoll dicke Haupt- und 12 Zoll dicke Scheidemauern; bei Ziegel 1 1/2 und 1 Stein; dünnere Hauptmauern sind schon wegen der Einwirkung von Wärme, Kälte und Nässe nicht zu empfehlen, während Scheidemauern von nur 6 Zoll Dicke auch schon deshalb keine Anwendung finden sollten, weil das geringste Geräusch in den anstossenden Zimmern, hörbar ist und den Bewohnern lästig wird.

Wohngebäude von mehr als 45 bis 50' Bautiefe, deren grosse, schwere Dächer die Hauptmauern sehr belasten und deren Zimmer mehr als $360 \square$ Grundfläche, sowie mehr als 10' lichte Zimmerhöhe haben, erhalten im obersten Stock 21 bis 24 Zoll dicke Haupt-, und 18 oder 12 Zoll dicke Scheidemauern; nämlich 18 Zoll dicke, wenn sie die langen schweren Balken der Zimmerdecken zu tragen, 12 Zoll Dicke aber, wenn sie keine oder bloss kurze Balken zu tragen haben.

Alle Scheidemauern erhalten in dem auf das oberste Stockwerk folgende untere Geschoss, wo Balken Auflager erhalten müssen, 6 Zoll Verstärkung, wenn dies wie bei Holzschnitt 14, bloss auf einer Seite stattfindet; wenn sie jedoch wie bei Holzschnitt 15, auf beiden Seiten Balken zu tragen haben, erhalten dieselben je 6 Zoll oder im Ganzen 12 Zoll Verstärkung. Hieraus geht die weitere Regel hervor, dass die Mittelmauern vielstöckiger Gebäude, welche die Gebälke aufzunehmen haben, in dem untern Stock eigentlich selbst stärker sein müssten, als die Hauptmauern und dass alle Scheidemauern in gleicher Stärke durch mehrere Stockwerke fortlaufen können, wenn sie keine Balken tragen.

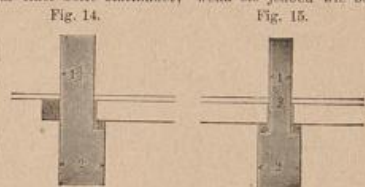


Fig. 14.

Fig. 15.

Diese Regel ist im allgemeinen befolgt, bei den Fig. 8. bis 12, welche die Mauerstärken der Frontmauern, der Mauern gegen den Nachbar (Brand-, Feuer- oder Giebelmauern) und den Hauptmittelmauern eingebauter vielstöckiger Wohnhäuser (der Mietgebäude grosser Städte) darstellen, indem bei den Frontmauern, noch auf die Schwächung durch die vielen Fensteröffnungen Rücksicht genommen ist. Die in den Zeichnungen eingeschriebenen Masse können hierbei aber nur als Minimum der erforderlichen Mauerstärke gelten und müssen die Frontmauern bei so vielen Durchbrechungen von Fenstern etc., welche blos schmale Mauerpfeiler belassen, die zumeist nicht breiter wie die lichten Fensterleiden sind, um denselben Betrag in der Pfeilerdicke verstärkt werden, als die gemäss den Oben aufgestellten Regeln gefundenen Mauerstärken an Kubikinhalt aller Fenster-, Thür- oder Thoröffnungen in dem ersten Stockwerke, eingebüsst haben. So enthalte z. B. eine 50' lange, 3' starke Frontmauer eines mehrstöckigen Gebäudes, drei Fenster von je 4' Lichtweite und 8' Höhe und eine Thoröffnung von 8' Lichtweite und 8' Höhe, welche $(3 \cdot 4 + 8) \cdot 8 \cdot 3 = 480$ Kubikfuss Maueröffnungen ergeben. Die Stützpfiler aber enthalten $30 \cdot 8 \cdot 3 = 720$ Kubikfuss Mauerwerk, während die ganze Mauer ohne Oeffnungen auf die angegebene Höhe $50 \cdot 8 \cdot 3 = 1200$ Kubikfuss haben würde; was eine Differenz von $1200 - 720 = 480$ Kubikfuss Stützmauer ergibt und diese Differenz, auf die 30' Länge sämtlicher Fensterpfeiler etc., vertheilt, ergibt $\frac{480}{30 \cdot 8 \cdot 3} = 2/3$ Mauerverstärkung und würde demnach jeder Fensterpfeiler (resp. die Maueranlage über dem Sockel), nicht 3', sondern $3 2/3$ Stärke erhalten müssen.

Um ein zweites Beispiel anzuführen, untersuchen wir die bei dem Holzschnitt 13. gefundene Mauerstärke $b b' = 2'$. Die Mauer ist hier gegen die Seitenschiffe durch halbkreisförmig überwölbte Arkaden geöffnet, deren Gurtbögen auf 3' langen, 2' dicken Pfeilern aufgesetzt sind, (welch letztere ausserdem noch die ganze obere Mauerlast mit Dachwerk zu tragen haben. Es soll nun gemäss Vorstehendem, die Verstärkung der Tragepfeiler ermittelt werden? Die Entfernung von Pfeilermitte zu Pfeilermitte ist 11 und enthält die Oeffnung eines Arkadenfeldes $= 8 \cdot 14 \cdot 2 + 2 \cdot 1/2 \cdot \pi \cdot \frac{x}{2} = 274,24$ Kubikfuss, so dass hiernach eine Verstärkung für die Pfeiler $= \frac{274,24}{3 \cdot 18 \cdot 2} = 2 1/2'$ erhalten wird und diese also auch nicht 2', sondern $2 + 2 1/2 = 4 1/2'$ dick angelegt werden müssen.

Diese bedeutende Verstärkung bei Pfeilern einer Kirche würde aber oft un-

schön ausfallen und man verlegt daher den Betrag auch gewöhnlich in die Seitenschiffe in Form von Pilastern, oder gibt den Pfeilern auch oft gegen das Mittelschiff noch eine Pilastervorlage; welche alsdann die Bestimmung erhalten, die Trägerbalken der Decke aufzunehmen. Die Pilaster der Seitenschiffe werden aber gewöhnlich etwas stärker genommen und über dem Pultdache in mässigem Vorsprunge als Wandstreifen an der Mauer des Mittelschiffes empor geführt, wo dann ihr Vorsprung über die reine Mauer der Zwischenfelder, durch die Consolen etc. (des Hauptgesimses), vermittelt werden kann.

Bei vielstöckigen eingebauten Wohnhäusern, sind in den Mauern gegen den Nachbar, gar keine Oeffnungen angebracht, und in den Mittelmauern, welche mit den Frontmauern parallel gehen und die Scheidewände verbinden, kann im Allgemeinen doch höchstens nur auf eine Thüröffnung gerechnet werden. Erhielte jedoch auch die Hauptmittelmauer mehrere, z. B. zwischen je zwei Scheidewänden drei Thüren nebeneinander, welche etwa durch zwei 4' breite Pfeiler getrennt wären, so müsste auch eine solche Mauer, weil sie Tragmauer der oberen Stockwerke, der Balkenlagen und des Dachstuhls ist, eine dem vorher angegebenen Verhältnisse gemässe Verstärkung erhalten.

Wir bemerken noch, dass die Maasse der Fig. 8. und 11 für Bruchsteine, und jene der Fig. 9, und 10 und 12 für Ziegel gelten.

2. Fundirung auf gewachsenen Boden.

Bei der Wahl der Baustelle hat man im Allgemeinen zu berücksichtigen, dass dieselbe möglichst hoch oder trocken liege, also eine gesunde Lage habe.

Diejenige feste Erdschichte, welche als guter Baugrund geeignet ist, die Last eines darauf gestellten Gebäudes zu tragen, ohne stellenweise sich zu setzen und nachzugeben, findet sich erst einige Fuss tief unter der Erdoberfläche. Nämlich der Humus oder die mit organischen Stoffen gemengte sogenannte Damm-, Bau- oder Ackererde ist als zusammenpressbar zu beseitigen, um auf den gewachsenen Boden zu kommen; unter letzterem ist dann die Erdschicht, sei es Lehm, Thon oder Sand zu verstehen, welche in ihrer natürlichen Ablagerung sich noch befindet. Es kann aber für unser nördliches Klima, wenn auch der gewachsene Boden zu Tage steht, doch wegen dem oft drei bis vier Fuss in den Boden eindringenden Frost, durch welchen derselbe eine Volumenveränderung erleidet, sich nicht als rathsam finden, hierauf zu gründen; sondern es muss für diesen Zweck unter allen Umständen, eine dazu geeignete tiefere Erdschicht gewählt werden.

Bei einem guten Baugrund muss nicht allein auf die Dichtigkeit der Erdlage, sondern auch auf die durchgehende Mächtigkeit oder Stärke der Schicht, sowie ihre Ausdehnung Rücksicht genommen werden.

Die Erfahrung bedingt als erstes Erforderniss eines guten Baugrundes, gleichartige Schichtung der Erdlage, sowie, dass letztere eine feste und wenigstens so dicke Lage bilde, als die stärksten Mauern des darauf zu stellenden Gebäudes breit sind; eine 6 bis 10' hohe gleichmässig gelagerte Schicht nimmt man für eine gute Gründung, gewöhnlich als vollkommen sicher an.

Die Erdlagen, welche ohne künstliche Vorrichtung ein Gebäude von mehreren Stockwerken mit Sicherheit tragen, sind folgende:

1) Felsen oder felsentartiger Steinboden, einige Tuffe, harter Thon, der nur dem Pickel weicht, als „erste Classe“.

2) In die „zweite Classe“ gehören alle die Bodenarten, die zwar gleichfalls unzusammendrückbar, oder wenigstens nur so viel zusammenpressbar sind, dass dadurch die Stabilität auch der schwersten darauf gestellten Baumassen nicht leidet, wobei aber der Grund sich seitwärts auszubreiten sucht und deshalb eingegrenzt werden muss: grobkörniger Kies, scharfkantiger oder reiner Sand gehören hierher, wenn sie in hinreichend durchgehenden und gleichmässig starken Schichten vorkommen.

Eine „dritte Classe“ besteht endlich noch aus allen Arten zusammendrückbaren Boden, wohin der gewöhnliche Thon, die gewöhnlichen Erden und Sumpfboden gehören. Zwar geben Lehm und Letten, wenn sie fest, trocken und mit grobem Sande vermischt sind, nach obigen beiden nicht zusammendrückbaren Classen, auch einen sehr brauchbaren Baugrund ab. Unsicher hingegen erweisen sich schon Lehm und Letten, wenn sie der Nässe ausgesetzt sind und vegetabilische Reste enthalten, — ebenso auch der Mergel und zwar besonders deshalb, weil alle diese Erdarten sich selten gleichmässig verbreiten und bei abwechselnd hohen Wasserständen leicht unterwaschen werden. Einige der hierher gehörigen Bodenarten sind mehr oder weniger dicht und nur bis zu einem bestimmten Grade compressibel, wie die meisten Arten Thon und Erde; andere sind beinahe flüssig und geben leicht nach jeder Richtung nach. So bietet z. B. der sogenannte Flug- oder Triebsand einen sehr unzuverlässigen Baugrund dar; ferner sind die mit Quellen oder Wasseradern durchzogenen Sandlagen (Quellsand), noch unbrauchbarer; weil sie in Gefahr stehen, abgeführt oder vermindert zu werden.

Aus Obigem kann ferner gefolgert werden, was man im Baufache unter bereits comprimierter Erde zu verstehen habe und zu welcher Classe der gewachsenen, das ist die durch Anschwemmung übereinander gelagerte, natürliche Erdlage, mit wenig Ausnahmen gehöre: Alle durch Verwitterung entstandenen

Ablagerungen, der Ur-, Uebergangs- und Flützgebirge, und die bei weitem grösste Zahl jener des aufgeschwemmten Landes gehören hierzu; selbst dem losen (nicht mit Gartenerde oder Schlamm gemengten) Sande, dem Steingerölle oder Geschiebe, kann bei Beobachtung der nöthigen Vorsicht, durchaus nicht der Platz unter den guten Grundsohlen bei Fundamenten streitig gemacht werden. Dagegen machen die mit den Trümmern der zerstörten organischen Erzeugnisse und der Vegetation vermengten, resp. die sogenannte Damm- und die Moorerde, ferner der vom Wasser aufgelöste Schlamm (Morast), als jüngste Ablagerungen von Lehm in den Flussbetten, hier eine Ausnahme. Nur diese und die aufgeschüttete Erde, sowie die wenn auch seit langer Zeit umgewühlte Erde, sind in obigem Sinne des Wortes comprimierbar.

In Betreff dieser drei Classen Erdlagen kann ferner noch aus Obigem gefolgert werden, dass die ausübende Baukunst nur zwei verschiedene Gründungsmethoden anwendet; nämlich: die gewöhnliche auf den gewachsenen Boden hergestellte Gründung und die künstlichen Fundamente und sollen hier nur die gewöhnlichen auf bereits comprimierten Boden herzustellende Fundirungsmethoden besprochen, die künstliche Fundirung aber bei einer spätern Gelegenheit speciell abgehandelt werden.

Der erste Schritt zur Bestimmung der Art der vorzunehmenden Gründung ist nach Wegräumung der Bau- oder Gartenerde, die Untersuchung des Untergrundes der als tragfähig gehaltenen Erdlage. Dies kann in gewöhnlichen Fällen durch Ausgraben einer Grube geschehen; ausserdem wird bei neuen Bauten, oft sehr richtig die Mächtigkeit der festen Erdschichten unter der Fundamentsohle, aus den beim Brunnengraben durchstochenen Erdschichten erkannt, welche Arbeit, wegen des Kalkloachens, der Mörtelbereitung u. s. w. immer früher vorgenommen wird, als die Aushebung der Fundamente. — Besteht der Untergrund aus verschiedenen Erdschichten und erfordert das Bauwerk besondere Vorsicht, so muss der Boden an verschiedenen Stellen durch Schlagen von Bohrlöchern mit den hierzu üblichen Werkzeugen, untersucht werden. Lehm- oder Thonboden, welcher viel dichter als Sandboden ist, muss aber immer noch eine 5 bis 6' hohe gleichmässige Schichte bilden. Kiesboden, der in der Nähe von Flüssen vorhanden ist, untersucht man mit einem Sondireisen oder durch Graben von Löchern, dahin, ob dem Kies keine Erde beigemischt ist, welches kein gutes Anzeichen wäre. Reiner Kies, oder solcher, wo den kleinen Kieselsteinen Kalk beigemischt ist, ist um so fester und alsdann auch ein besserer Baugrund als Thon oder Lehm. Ganz reiner Sand ohne beigemengte Erde, der über Mannestiefe und so steht, dass er nach keiner Seite ausweichen kann, ist ein guter und fester Grund, der nicht allein hohe Gebäude von mehr denn drei Stockwerken trägt, sondern selbst hohe Thürme.

Die bereits comprimirete Erde muss als guter Baugrund so dicht gelagert sein, dass ein starker Mann nicht mit Anstrengung aller seiner Kräfte, einen Stab 3 Zoll tief eindrücken kann. Diese, wie auch die oben besprochenen Eigenschaften der bereits comprimierten Erde, sich noch durch Stampfen mittelst Erd- oder schweren Cementstösseln unter Begiessung mit Wasser, wenn auch nur um ein Weniges zusammenpressen zu lassen, lassen es natürlich erscheinen, dass solcher Baugrund durch die Last des darauf erbauten schweren Gebäudes, sich auch noch um ein Weniges wird zusammendrücken. Dieses Zusammenpressen wird je nach den verschiedenen Belastungsgewichten der einzelnen Bautheile, ein nur relatives Tiefer-sinken oder Setzen der letzteren zur Folge haben. Aber was hierbei besonders wichtig ist, dieses verschiedene Tiefer-sinken der einzelnen Mauern des Gebäudes, ist begründet; denn es dürfte klar sein, dass bereits comprimirete Erde durch blosseruhige und gleichmässige Belastung, sich nicht weiter wird zusammendrücken lassen, oder dass, wenn eine Mauer sich um einige Zoll gesetzt hat, dieselbe sich nicht um 1/2 Zoll, sondern um ungleich weniger oder um gar nichts gesetzt haben würde, wenn der Erbauer ihr nur eine doppelt so grosse Grundfläche gegeben hätte; d. h. eine ebenso grosse, als die verschiedenen Belastungsgewichte aller Mauern des Gebäudes pr. □' erfordern, um für die Fundamentbasen in einem entsprechend gleichen Druckverhältnisse zu stehen.

Für die Mächtigkeit der festen Erdschichten ist also die richtige Vertheilung des Gewichtes der einzelnen Mauer Massen über der Fundamentsohle, viel wichtiger für die Tragkraft des Untergrundes, als die Fundamenttiefe selbst; indem davon die Festigkeit des ganzen Gebäudes abhängt. Der reine Thon, welcher nie sehr mächtig gelagert ist, macht hier besondere Aufmerksamkeit nothwendig; ebenso einzelne in der Erde versteckte grosse Steine, oder Felsbänke, oder endlich die Fundamente alter abgebrochener Mauern, die zuvor ringsum ungraben und erst dann, wenn jedes Bedenken schwindet, zum Fundamente gebraucht, im entgegengesetzten Falle aber weggeräumt, oder durch Bohrschlüsse beseitigt werden müssen.

Hieraus geht schliesslich auch hervor, dass wenn Vorsicht im Baufache irgend wo dringend zu empfehlen ist, diese bei Fundamenten ganz besonders und gerade deshalb um so mehr beachtet werden müsse, weil hier aus unkluger Sparsamkeit, oder aus Versehen begangene Fehler im Bau, stets von misslichen Folgen begleitet sind, die später nur selten gründlich beseitigt werden können.

a. Breite der Fundamente.

In Rücksicht auf die Breite oder Stärke der Fundamentmauern, welche auf Felsen anzuführen sind, die durchaus nicht nachgeben, wird eine Verbeiterung über die Grenze der reinen Maueranlage, welche gegen das Umwerfen sichert, ge-

nügen, aber die Stabilität nicht vermehren; während bei sehr zusammendrückbarem Boden die Grundfläche des Fundamentes sehr breit sein muss, so dass sich das Gewicht des Baues auf eine sehr grosse Fläche verbreitet.

Bei der Gründung auf Felsen, untersucht man erst die Dicke der Schichten des Gesteins und wenn einige Zweifel vorhanden sind, dass der Fels zu schwach wäre, oder die Schichten dünn sind, so ist es gut durch ein Probege- wicht, welches wenigstens zweimal so gross als die zukünftig bildende Last des Felsens sein muss, sich von dessen Tragfähigkeit zu überzeugen. Man untersucht auch, ob der Fels nicht hohl und zerklüftet ist, und erst nachdem alle Zweifel über ungenügende Tragkraft sich als nicht begründet erweisen, wird man damit beginnen, den Fels zur Aufnahme des Fundamentes vorzubereiten. Zunächst wird man seine Oberfläche dadurch ausgleichen, indem man alle hervorragenden Stellen wegsprengt und die Höhlungen mit Bruchsteinen oder mit Beton ausfüllt; zuvor entferne man sorgfältig die Schichten oder Lager, welche Spuren von Verwitterung zeigen. Die so hergestellte und mit der Zweispitze geebnete Fläche, soll überdies noch gegen den Abhang des Felsens, über die Winkelrechte auf die Richtung des Druckes der Mauer, um $\frac{1}{12}$ ansteigen; d. h. wenn z. B. der Druck vertikal ist, soll die horizontale Lagerfläche des Fundaments gegen den Berg hin $\frac{1}{12}$ Gefälle erhalten. Ist die Oberfläche sehr schief gegen die Richtung des Drucks, so gibt man der Oberfläche des Felsens eine stufenartige Form, deren Flächen wie vorher aber etwa nur $\frac{1}{50}$ Gefälle gegen den Berg oder die Felsmasse erhalten. Sind Spalten und Höhlungen vorhanden, welche man ihrer Ausdehnung wegen nicht mit Beton oder Mauerwerk ausfüllen kann, so baut man einen Bogen über diese Spalte, welcher die über ihm liegende Last zu tragen hat.

Die schiefrigen Felsen erfordern viele Sorgfalt bei ihrer Vorrichtung zu einer Gründung, indem die obern Schichten des Felsens meist bis zu mehr oder weniger Tiefe vom Froste gelitten haben.

Fig. 17.

Futtermauern, wie Holzschnitt 17., verschafft man vorn bei c eine etwa 6 Zoll hohe Stossschwelle indem man hier gerade soviel durch flachgeführte Bohrschüsse absprennen lässt; auch gewinnt ihr Widerstand, wenn die Sohle um $\frac{1}{12}$ Theil fallend angearbeitet wird, welche Vorsicht auch bei Gewölbidertagern nicht verabsäumt werden sollte.



Da für den Hochbau die zweite Classe eines guten Baugrundes, die bereits comprimirt Erde noch am meisten vorkommt, so soll auch Alles in Betracht gezogen werden, was in der Baupraxis zur Bestimmung der Fundamentformen und Dimensionen, im allgemeinen bis jetzt Anwendung gefunden hat.

Es muss hier der Grundsatz in die erste Linie gestellt werden, dass das Fundament dem Baue Stabilität zu geben habe; daher auch nach der bereits oben ausgesprochenen Regel, das geringere oder grössere Gewicht der verschiedenen Mauern des Gebäudes, auf eine breitere Grundfläche entsprechend übertragen werden muss; diese Breite wird also dem Gewichte der verschiedenen Constructionstheile des Baues und der Nachgiebigkeit des Untergrundes proportional sein müssen.

Wenn wir nun ferner im ersten Kapitel die Dicke der Mauern stets mit Rücksicht auf deren Höhe bestimmt haben, so gibt diese Bestimmung zugleich den Massstab, nach welchem die Breite der Fundamente im allgemeinen festgesetzt werden kann, sobald ausser der Mauerdicke noch das Eigengewicht der Mauer und die Belastung durch Gebälke, Dachwerke u. s. w. mit berücksichtigt ist.

Bei freistehenden Mauern, wo nur das Eigengewicht derselben in Betracht kommt und das Fundament bloss einen Vertikaldruck zu vertheilen hat, sind bei vollkommen gutem Baugrunde die Fundamente breit genug, wenn sie um die Hälfte breiter, als die von ihnen getragenen Mauern sind; Fig. 13. ist $m n = \frac{3 a b}{2}$ oder $m c = n d = \frac{1}{2} a b$.

Eine alte Mauerregel gibt die Breite des Fundaments nach dessen Tiefe in der Art an, dass die Abgleichung unter dem Sockel auf jeder Seite um ebenso- viele Zolle über die reine Mauer des ersten Stocks vorspringe, als die reine Mauer Fusse oder Backsteinlängen breit ist. — Nach einer andern empirischen Regel, gibt man dem Fundamente am Sockel $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{3}$ mehr Breite, als die reine Mauer hat; alsdann soll aber das Fundament der Tiefe nach auf jeden Fuss um $\frac{1}{4}$ Zoll verstärkt werden. Es messe z. B. die Fig. 14. dargestellte Festungsmauer über dem Sockel 6' und es sei das Fundament 8' tief, so erhält dasselbe oben $7\frac{1}{2}'$ und unten $9\frac{1}{2}'$ Stärke, oder auf jeder Seite 1' Anlauf in schichtweiser Abtreppung.

Es möchte wohl am meisten entsprechen, die Fundamentbreiten von der Höhe der darauf zu erbauenden Mauern abzuleiten, wobei das Fundament $\frac{1}{30}$ Theil der Mauerhöhen breiter als die darauf zu setzenden Mauern gemacht werden kann und alle damit verbunden auch stärkere Quer- oder Innenmauern, erfordern dann verhältnissmässig ihrer Mehrbelastung der Grundsohle, eine demgemäss proportional verbreiterte Fundament-Anlage.

Bei Stockwerksmauern die auf weniger comprimirtem Boden zu errichten sind, wird jedoch die Fundamentsohle breiter angenommen und zeigt so z. B. die Mauer A Fig. 15. die Abnahme der Basis bei B unter dem Winkel von 45° in

der Weise, dass, wenn $o p$ die Schwerpunktlinie der gegen Innen abgesetzten Stock- werke unter Berücksichtigung der Belastungen bezeichnet, der innere Vorsprung C, wo kein Seitenschub stattfindet, kürzer genommen werden kann, während $p n = p m$ gemacht wird. Die Absätze bei B beziehen sich auf Ziegel-, jene bei C auf Bruch- steingemäuer.

Soll ein Fundament, wie z. B. das der Stockwerksmauer Fig. 14. an der innern Seite ein Kellergewölbe aufnehmen, so wird das ganze Mauerrecht auswärts angetragen und unter dem Sockel der innern in die Tiefe gehenden Seite; nur die obere Verstärkung von 6 Zoll angebracht, das ganze Fundament aber um 6 Zoll alsdann stärker angelegt. Oder besser, man führe die innere Fundament- mauer senkrecht und nur mit der obern Verstärkung auf, und trage die Stär- ken der innern und äussern Abtreppungen nach Aussen an. Dieselbe Regel gilt für alle Hauptmauern und jene, die nur nach einer Seite aufziehen und wo also ein Seitenschub stattfindet; daher auch für Futtermauern, die ihrer Be- stimmung und geringern Höhe wegen, auf der innern Seite kein, an der äussern aber, um das Umkanten der Mauer besser zu vermeiden, ein mässiges Mauerrecht erhalten.

Die Fig. 5 bis 12 zeigen die Fundamentstärken der Hauptumfassungs-Mauern bei ein- bis vierstöckigen Wohnhäusern, wobei die Verstärkung gegen den durch die Balkenlagen, das Dachwerk, die Kellergewölbe u. s. w. bewirkten einseitigen Druck, nach Aussen aufgetragen ist. Für die Praxis kann übrigens diese äussere Verstärkung noch genau genug auch durch graphische Construction ermit- telt werden, indem man die obere innere Mauerkante des ersten Stocks der Wohn- gebäude, welche stets als die Hauptstütz- oder Tragmauer bei eintretenden sta- tischen Konflikten auf Umkanten angegriffen wird, mit dem als Drehachse zu den- kenden Punkte der vordern reinen Mauerkante unter dem Sockel, oder über dem als feste unveränderliche Unterlage herzustellenden Fundamente, durch eine Diago- nale verbindet, deren Verlängerung bis zur Grundsohle des Fundaments, alsdann den Vorsprung desselben über die reine Mauer ergibt. Diese Annahme erscheint allerdings willkürlich, sobald dieselbe auf jede Gattung von Hochgebäuden bezogen würde, aber es ist hier nur von den Wohngebäuden die Rede, bei welchen die Stockwerksmauern eine constante Höhe, welche im Durchschnitte zwischen 12 bis 16' schwankt, erhalten und wobei das höhere Stockwerk auch bei dem einstöckigen Baue, von selbst eine grössere Mauerdicke beansprucht, so dass durch die oben gegebene graphische Construction, daher auch stets eine verhältnissmässige grössere Fundamentbreite sich ergibt; bei einem mehrstöckigen Gebäude erhält das erste Stockwerk aber eine noch grössere Mauerdicke und ergibt die Construction, gerade weil es höher ist, auch eine um so grössere Fundamentverstärkung.

b. Tiefe der Fundamente.

Was hingegen die Fundamenttiefe betrifft, so wurde oben bereits da- rauf hingewiesen, dass dieselbe weder von der Mauerhöhe noch von der Mauerdicke abhängig sein kann, sondern hauptsächlich von der Tragkraft der Erdschichten. Die Mächtigkeit der Damm- oder Gartenerde beträgt nach allgemeiner Annahme höchstens 21 Zoll und nur ausnahmsweise mitunter mehr, der Frost dringt in nördlichen Climates bei strengem Winter selten tiefer, als höchstens $2\frac{1}{2}'$ in die Erde ein; wonach eine 3 bis 4' grosse Fundamenttiefe vollkommen hinreichend ist. Bei sehr hohen Bauten, die bei kleiner Grundfläche ein bedeutendes Massengewicht haben, wie z. B. Kirchtürme, Fabrikschornsteinen u. s. w., zeigen sich die Re- sultate der Baupraxis im Allgemeinen höchst schwankend. Nach Vergleichung der Art angeführter Bauten, hat man in den meisten Fällen dem Fundamente $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{30}$ von der gesammten Mauerhöhe zur vorher angegebenen Tiefe noch hinzuge- geben, und erhalte demgemäss ohne Rücksicht auf die Tragfähigkeit der Erdschichten z. B., der unter Fig. 21. dargestellte Thurm eine Fundamenttiefe von $\frac{110}{25} + 4 = 8\frac{1}{2}'$. Wenn aber auch die Baumeister unserer Vorfahren noch weit über dies pro- blematische Mass hinausgingen, indem sie, wieselbst heute noch verschiedene Bau- meister zu thun pflegen, die Fundamenttiefe aus der Mauerhöhe ableiten, und auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{6}$ derselben bestimmen, was für Thürme, wenn auch die zugespitzte Pyra- mide auf das Rechteck reducirt wird, doch eine enorme Fundamenttiefe ergibt (z. B. wie vorher anstatt $8\frac{1}{2}'$, $\frac{110}{6} = 18\frac{1}{3}$ Fuss,) so kann sich die Fundament- tiefe unter allen Umständen doch nur nach der guten Beschaffenheit des Unter- grundes richten und sobald man auf feste gleichmässig abgelagerte Schichten trifft, kann man ohne Bedenken den höchsten Thurm darauf gründen und nur die Breite des Fundamentes hängt von der Zusammendrückbarkeit des Untergrundes ab; dem je höher ein Bauwerk ist, um so tiefer muss zwar das Fundament sein, aber die Tiefe desselben kann nur indirekt davon abhängig gemacht werden. —

Es ist zwar eine nicht zu leugnende Thatsache, dass die alten Baumeister gerade bei ihren mächtigen Thurmbauten, wie z. B. Nachgrabungen an den Fun- damenten des Thurmsportals vom Kölner-Dome ergeben haben, oft eine ungemein breite Basis der Fundamentsohle und äusserst tiefe Fundirungen angewendet haben. Aber dieselben hatten ihre besonderen Gründe und zwar hauptsächlich den, da- durch den Schwerpunkt des Ganzen, mit seiner oft mehr denn achtmaligen

Höhe zur Breite der zu Tage gehenden Mauern, möglichst tief nach der Basis des Fundaments herab zu verlegen, oder vielmehr eine Pyramide zu bilden.

Fehlerhaft wäre es aber, diese Regel z. B. auf eine 36' hohe einfache Mauer anzuwenden zu wollen, welche alsdann bloss bei obiger Annahme, ein 5 bis 6' tiefes Fundament erhalten würde. Bei blossen Entwürfen und in dem besonderen Fall, wenn man sich nicht im Voraus durch Sonden Gewissheit von der Beschaffenheit des Baugrundes verschaffen kann, möchte diese Bestimmungsart als die einfachste und weil sie üblich ist, noch empfehlenswerth sein. Denn es bleibt stets zu berücksichtigen, dass die Mauerhöhe der meisten und sehr wichtigen Constructionsbauten fast immer bei grosser Dicke doch gewöhnlich nur eine geringe ist (wie z. B. bei Widerlagern von Brücken etc.), und erhielten nach obiger Regel die Fundamente dergleichen Mauern, oft nicht einmal jene Tiefe, die sie gegen die Einwirkung des Winterfrosts absolut erhalten müssen und kann diese Regel daher auch nur auf die speciell benannten Fälle angewandt werden.

Eine solche Anwendung tritt des weiteren Beispiels wegen, wieder in ganz anderer Auffassung in Bezug auf die Fundamente der Tempelbauten oder Säulenhallen der alten Griechen hervor, die wegen der häufigen Bodenerschütterung durch Erdbeben, für den — gemäss dem Prototyp der Holzconstruktion — in Quadern ausgeführtem Steinverbande, äusserst sorgsam zu Werke gehen mussten. Ueber dem tief im Erdboden wurzelnden vollen Mauerwerk, des selbst häufig aus sich überbackenden grossen Quaderstücken hergestellten Fundaments (Fig. 14. B. Tafel. 4.), das unter der — den ganzen Bau umgebenden Säulenhalle und gewöhnlich noch unter der innern Tempelmauer (der Cella), in durchgehendem Verband angelegt war, erhielt der von Säulen gestützte Oberbau an dem gleichfalls aus grossen Quadern construirten stufenförmigen Sockel oder Unterbau, eine fest verbundene und gegen Aussen herum geführte sich erweiternde mächtige Basis.

Die auf dem obersten Stufenabsatz (dieses Sockels) errichteten Säulen, waren ihrer Grösse wegen höchst selten aus einem Stücke (Monolith) hergestellt, sondern man vertheilte die einzelnen Säulentambours der Art sowohl unter sich, wie mit dem Architrav (der Hauptbalken-Überlage) und die Architrav-Quader wieder mit den Quadern des Frieses und Kranzgesimses, bis zu den Giebeldreiecken, ebensowohl, wie die Quader der Cellamauer durch schwalbenschwanzförmige in Blei gegossene Metallstücke und Klammern (aus Bronze) miteinander, so dass ausser der rückwirkenden Festigkeit des Materials, für das Ganze Steingerüst noch eine gewisse Elasticität (relative Festigkeit) in Anspruch kommen konnte. Ausser dieser durchgehenden künstlichen Vertheilung des so fest zusammenverbunden vielgestaltigen Ganzen, der innern und äussern Substruction, behandelte man dieselbe noch als abgestützte Pyramide, indem man den das Deckengebälk stützenden Säulenschäften durch eine höchst sinnvoll ausgedachte Construktion, die Eigenschaft von Strebebögen ertheilte. Zugleich befolgten die griechischen Baumeister bei Errichtung ihrer Säulenhallen noch den weitem Grundsatz, dass zwischen Stützen (den tragenden Säulen) und Last, (dem Gebälk, der Steindecke und dem Dachwerk.) Gleichgewicht herrsche und war demgemäss die Last des Oberbaues nicht grösser, als das Gewicht der stützenden Säulen selbst ausmache. Um dies zu erreichen, hüllten die Griechen sämtliche Quadern des Oberbaues an ihren innern senkrechten Flächen und Stossfugen um so viel aus, dass dieser Bedingung und der Rücksicht auf feste Lagerung, sowie der relativen Tragkraft der Steinbalken aus Marmor, noch genügend entsprochen wurde und man befolgte also auch hier, wie bei den gothischen Thürbauten den Grundsatz, den Schwerpunkt des ganzen Bauwerks möglichst tief in, oder selbst noch unter den Sockel (Stufenunterbau) herab zu verlegen.

Für das Fundament der Hausmauern ergeben die bis jetzt besprochenen Beziehungen, aber doch noch kein bestimmtes Resultat; denn soll nach der ersten Annahme die Mauerdicke zur Bestimmung der Fundamenttiefe dienen, so würde dies mit dem bei Fig. 21. u. s. w. Ausgesprochenen im Widerspruche stehen; — oder gesetzt den Fall, eine Mauer von bestimmter Dicke ab Fig. 13. wäre auf einem nicht vorzügliche Festigkeit besitzenden Erdreiche zu fundiren und man beabsichtige die Fundamentbreite $mn = ab$ zu machen, so ist klar, dass dies Materialverschwendung wäre und jeder Nachdenkende wird dies Fundament beiderseits mit Absätzen am und bn herstellen lassen. Sollen diese Absätze aber ihren Zweck nicht verfehlen, so müssen sie, (weil sie bloss aus Bruchsteinen, also immer nur unvollkommen hergestellt werden können,) wenigstens doppelt so hoch als breit gemacht werden. Es ist dann $ac = 2mc$, und weil $mc = dn$, mn aber wie vorausgesetzt $= ab$ ist, so muss auch $ac = ab$ sein; oder mit andern Worten: Die Fundamenttiefe muss wenigstens der Mauerdicke gleich sein; eine Regel, die, weil sie für die grösste Fundamentbreite Geltung hat, für alle Fälle, also auch für Futtermauern anwendbar bleibt, wo eine bedeutende Fundamenttiefe wichtiger als bei allen anderen Mauerarbeiten ist, indem sich die Widerstandsfähigkeit der Mauer in demselben Verhältnisse vergrössert, in welchem die gewachsene Erdmasse, oder was dasselbe ist, ihre Tiefe zunimmt.

Unter allen Umständen ist es notwendig, der Fundamentsohle eines Bauwerks eine durchaus wagrechte Basis zu geben und so verschieden dick auch das Mauerwerk der einzelnen Mauern sein möge, sucht man doch immer die Grundsohlen gleich tief anzulegen und treppenartige Abstufungen zu vermeiden.

Eine Ausnahme von dieser Regel tritt zwar für die Fundamente solcher Mauern ein, die wie z. B. Fig. 16., auf abhängigen Boden erbaut werden müssen, und

wo die Abstufungen com , mik , kvu deshalb nicht zu vermeiden sind, weil die tragfähigen Erdschichten durchstochen werden müssten. Man wird also hier die Tiefe $a2$ nach Ermessen (dem Neigungswinkel des Abhanges entsprechend) nur jedesmal 2 bis 3' grösser annehmen, als die comprimirbaren Erdschichten ihrer Lage $banhp$ nach verlangen; $2o$ wird entweder $= 2b$, oder wenigstens $= 2(a2)$ und am , hk und $pu = a2$ angenommen; oder man bestimmt dieselben ebenso wie $a2$, wonach man die übrigen Stufen $k'i$, uv der ersten mo (die sich von selbst ergibt), ungefähr gleich macht. Ueber einem jeden der sich ergebenden Fundament-Absätze, wird dann zur Vertheilung des Druckes ein Entlastungsbogen geschlagen, dessen Construktion Fig. 17. ersichtlich macht.

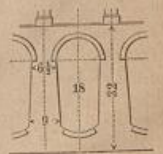
Häufig stösst man bei der Erdaufhebung von Fundamenten an Abhängen auf Quellen, wo dann kein Hilfsmittel so zuverlässig ist, als die Ableitung derselben. Man gräbt zu diesem Ende in die Fundamentsohle eine kleine Grube, worin sich das Quellwasser sammelt, und leitet letzteres entweder durch hölzerne Röhren oder mittelst eines kleinen gemauerten Canals in den Brunnen u. s. w.

Pfeilerfundamente, welche Decken oder Gurtbögen zu stützen haben, erfordern bei mehrstöckigen Bauten, wie Magazine etc. die grösste Vorsicht und es sind hier die vollen Fundamente fast immer vorzuziehen, indem die Decken nicht allein stets grosse Lasten zu tragen haben, sondern diese Lasten gewöhnlich auch noch ungleich vertheilt sind. Es findet diese Art der Fundirung aber dennoch häufige und ganz besonders bei Constructionsbauten Anwendung, wo sie aber weniger als Hilfsmittel oder um zu sparen gebraucht wird, wie viel mehr auf der voll durchgeführten und tragbar hergestellten Fundamentbasis, gerade durch die Anlage überwölbter Pfeiler, den Druck erst recht gleichartig auf die Grundsohle zu übertragen. Bei Hochbauten und im allgemeinen lässt sich die Gründungsart auf einzelne Pfeiler nur alsdann rechtfertigen, wenn man wegen der sehr bedeutenden Festigkeit des Grundes, oder wegen der Leichtigkeit des Gebäudes, eine andere Gründung für alzu vorsichtig hält. Man fundirt in diesem Falle jeden Pfeiler einzeln, verbreitert aber das Fundament an allen vier Seiten um die halbe Pfeilerdicke; also wird die Erde berührende Grundfläche des Fundaments der vierfachen Grundfläche des stehenden Pfeilers gleich, wenn letztere ein Quadrat ist.

Bei einstöckigen landwirthschaftlichen Bauten, wie Kuh- und Pferdestallungen, wo über der Stalldecke oder dem Halbgeschosse noch Vorraths- oder Bodenräume zur Aufbewahrung des Futters, der Früchte u. s. w. angebracht sind, pflegt man die Pfeilerfundamente der die Stalldecke stützenden Gussäulen, zwar auch isolirt zu gründen und kann für eine solche Fundirung die Fig. 18. ein Beispiel abgeben. — Da die gusseisernen Säulen hier ausser der Stalldecke, zeitweise noch ungleich vertheilte Lasten zu tragen haben, so erhalten dieselben bei 5 Zoll \varnothing Querschnitte, ein Pfeilerfundament wie vorher von $2\frac{1}{2}$ Fuss Quadratsseite, welches aber noch auf einer Fundamentbasis mit der 5 bis 6 fachen Grundfläche $= 24$ bis $30 \square'$ ruht und wobei der Uebergang zur Basis durch Abtreppungen wie bei mn zu vermitteln ist. Gegen die Wirkung des einseitigen Drucks der Gussäule, ist der Pfeiler nach Oben durch eine aus festem Gestein gearbeitete 8 Zoll starke Platte abgedeckt und in dieselbe erst die $1\frac{1}{2}$ im Quadrat grosse und wenigstens $\frac{3}{4}$ Zoll starke gusseiserne Tragplatte eingelassen und mit Schwefel vergossen, auf welcher Tragplatte dann erst in einer $\frac{1}{4}$ Zoll starker Vertiefung die Gussäule ihren Stand erhält.

Gegen das einseitige Setzen und den nicht vertikalen Druck bei ungleich vertheilter Belastung einzelner Pfeiler schützen ganz vorzüglich umgekehrte Gurtbögen, welche, wie die Fig. 19. ergibt, zwischen die Pfeilerfundamente eingespannt sind und dieselben gegenseitig verbinden; denn weil hier kein Pfeiler unabhängig von dem andern ist, kann sich derselbe auch nicht leicht in den Boden eindrücken, so lange die beiden zunächst stehenden feststehen. Müsstes die über den umgekehrten Gurtbögen stehenden Pfeilerfundamente höher wie ihre lichte Entfernung beträgt, aufgeführt werden, so würde dies wieder auf eine obere Verspannung durch Gurt- oder Erdbögen führen und dadurch die Fundirung eine

Fig. 18.



mehr umständliche Construktion erfordern, die der Holzschnitt 18. anschaulich macht. Dergleichen Pfeilerfundamente kommen übrigens häufig bei gottesdienstlichen Gebäuden vor und haben wir durch den Holzschnitt 13., bereits ein Beispiel der Art kennen gelernt. Auch muss hier noch bemerkt werden, dass bei solchen Fundamenten schon die umgekehrten Gurtbögen Fig. 19. vielweniger eine Fundirungsart wie die des Holzschnittes 18. nicht unbedingt nöthig sind und in den meisten Fällen schon eine bloss Grundmauer von durchaus gleicher Höhe, genügt; eine Vorsicht, die auch in Rücksicht auf die Pfeilerfundamente vielstöckiger Magazine in jüngster Zeit mehr Aufmerksamkeit verdient, als sie gefunden hat.

Bei dem Holzschnitt 18. ist die Gestalt der Fundamentpfeiler, nach Oben verjüngt angegeben. Diese Gestalt wird für Mauern oder Pfeiler, wie z. B. der Brückenpfeiler etc., welche schwere Lasten zu tragen haben, übrigens besser dadurch bestimmt, indem man bei jeder Schicht zu der obern Last, noch das Gewicht des Pfeilers selbst auf die Flächenausdehnung des Materials bezieht, um dadurch einen gleichen Grad der Widerstandsfähigkeit durchweg zu erlangen. Hieraus ergibt sich der Anlauf des Pfeilers oder der Mauer nach einer logarithmischen

Curve, indem die Querschnitte nach Unten wie die Ordinaten der Exponentialcurve zunehmen. Nehmen wir Fig. 20., einen quadratischen Pfeiler und Fuss und Pfund als Mass- und Gewichtseinheiten, so wird, wenn A. die Last ist, welche auf dem Pfeiler ruht, F. der Flächeninhalt, (wie ihn die rückwirkende Festigkeit) des Materials für den obersten Querschnitt bedingt, p das Gewicht der kubischen Einheit des Materials woraus der in die Tiefe gehende Pfeiler besteht und y eine Seite des Rechtecks, m, y die andere ausdrückt, für die Entfernungen x vom obersten Punkt, aus der abgekürzten Gleichung,

$m y = (m F)^{\frac{1}{2}} \cdot e^{\frac{p x}{F}}$ erhalten; wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen bezeichnet.

Nehmen wir einen quadratischen Pfeiler aus Backsteinen an, so wird

$$m = 1; p = 125; \frac{q}{F} = 400;$$

und setzen wir zur ferneren Vereinfachung $F = 1$, so wird

$$y = e^{\frac{x}{32}} x \text{ oder}$$

$$\log. y = 0,4342945 + \frac{x}{32} \text{ oder}$$

$$\log. y = 0,0678585 H; \text{ woraus}$$

$$\text{für } x = 0; y = 1,0000$$

$$x = 1; y = 1,1692$$

$$x = 2; y = 1,3668$$

$$x = 3; y = 1,5980$$

$$x = 4; y = 1,8682$$

$$x = 5; y = 2,1842$$

$$x = 6; y = 2,5535$$

erhalten wird.

Besteht ein Bauwerk aus verschiedenen hohen oder schweren Mauertheilen, wie z. B. eine mehrere Stockwerk hohe Fabrik mit daran erbautem Kesselhaus und hohem Schornstein, ein Festungswerk mit eingebaute Devensgebäude, eine Kirche mit Thurmanlage etc., so muss wegen der Pressbarkeit des sonst auch als widerstandsfähig gefundenen Baugrundes, die Basis der Fundamentsohlen aller im Zusammenhange mit einander auszuführender Bautheile, in ihrer Grundfläche proportional zu den obem Belastungsgewichten stehen; d. h., es muss das Fundament einer jeden Mauer des Bauwerks, an seiner Grundsohle pr. Quadratfuss eben denselben Druck ausüben und die Ausdehnung der Fundamentbasen verhältnissmässig den Belastungsgewichten der verschiedenen Mauermassen ermittelt werden.

Stellt z. B. die Fig. 21. A, B, C und D einen vier Stockwerke hohen Kirchthurm mit anschliessenden Giebel- und Schiffläufern einer Kirche dar, so wird man zuerst die Breite und Tiefe des Fundaments der Kirchenmauern bestimmen. Da nun das oberste Stockwerk des Thurmes zur Aufnahme des Geläutes (des Glockenstuhls mit Glocken) bestimmt ist und dasselbe bei 27' Höhe als gewöhnlicher quadratischer Bau, schon $\frac{1}{10}$ der Höhe = 2 $\frac{7}{10}$ ' Mauerdicke erfordert, so haben wir hier, wegen den Erschütterungen durch das Geläute, der Belastung des cc. 38' hohen Helmdaches, das bei starken Windstössen dem Mauerwerk Erschütterungen mittheilt, dessen Stärke um cc. die Hälfte vermehrt, oder auf 4' festgesetzt und die Mauerstärken der in die Tiefe gehenden Stockwerke, von jenen des Glockenhauses abhängig gemacht; wobei jedoch der obenerwähnte Zuschlag von $\frac{1}{10}$ nicht in Rechnung gebracht ist. Das zweit oberste und die folgenden Geschosse haben die Glocken und das Glockengerüst, mit einem Gewicht von etwa 70 Centner aufzunehmen, wobei die unmittelbaren Erschütterungen durch das Geläute, der Widerstand gegen einen Orkan etc., mit berücksichtigt werden müssen und erfordern dieselben in ihren Mauerdicken eine von Stockwerk zu Stockwerk zunehmende Verstärkung. Um bei einem so hohen Mauerkörper das statische Gleichgewicht auf die Dauer unter diesen Einflüssen zu erhalten, pflegt man dieselben fast immer pyramidal aufzuführen, indem man die aufgehenden Stockwerke sowohl innen wie aussen absetzt. Ein allgemeiner Vergleich der vorzüglicheren mittelalterlichen Thurmbauten ergibt für die einzelnen in die Tiefe gehenden Stockhöhen, nach gesetzte Verstärkungen der Mauerdicke:

$\frac{1}{20}$ auf die Höhe des 4ten oder oberen Stockwerks	=	$\frac{27}{20} = 1,35$	Fuss
$\frac{1}{30}$ " " " 3ten " " "	=	$\frac{27}{30} = 0,90$	"
$\frac{1}{40}$ " " " 2ten " " "	=	$\frac{27}{40} = 0,75$	"
$\frac{1}{50}$ " " " 1ten " " "	=	$\frac{27}{50} = 0,54$	"
zusammen 3,54 Fuss.			

Es erhält demnach der Thurm im 4ten Stock eine Mauerstärke = 2,70 + 1,35 = 4,05'; im 3ten = 4,05 + 0,90 = 4,95'; im 2ten 4,95 + 0,75 = 5,70' und im ersten Stock über der Sockelschicht 2,70 + 3,54 = 6,24' rbl. Mass; in der Zeichnung sind die Bruchtheile der einzelnen Mauerstärken ausgeglichen. Diese Verjüngung nähert sich den Thürmen des romanischen Stils; bei gothischen Thürmen beträgt dieselbe ungefähr das Doppelte bei verstärkter unterer Maueranlage.

Hieraus ergibt sich für den Mauerkörper des Thurmes incl. den Giebeln, der Dachung, Glocken nebst Gerüst, atmosphärische Feuchtigkeit u. s. w., auf jeden □ Grundfläche unter dem Sockel, eine Belastung von cc. 130 $\frac{3}{4}$ Ctr. Zollgewicht (= M); während die anschliessenden Kirchenmauern pr. □ nur mit cc. 63 $\frac{3}{4}$ Ctr. Wassergewicht (= m) drücken. Bezeichnet nun x die gesuchte Seiten-

länge des Thurmfundaments, F der Flächeninhalt der untern Thurmvierung über dem Sockel, so ergibt, wenn $F = 21^2 = 441$ □ beträgt, nach gesetzte noch um $\frac{1}{5}$ der zu suchenden Grösse vermehrte Formel für

$$x = \sqrt{F \frac{M}{m} + \left(\frac{F \cdot M}{m}\right) \frac{1}{5}} = \sqrt{441 \frac{130,75}{63,75} + \frac{441 \cdot 130,75}{63,75 \cdot 5}}$$

$$= \sqrt{441 \cdot 2,05 + \frac{441 \cdot 2,05}{5}} = \sqrt{904,05 + 180,81}$$

= $\sqrt{1084,86} = 32,93'$ Seitenlänge der Fundamentsohle. Werden die an der Rückseite des Thurms anschliessenden Kirchenmauern mit im Verband aufgeführt, dann wirken dieselben gleich Strebefeldern und steht mitin ein Umkanten nach Vorn zu befürchten; es wird demnach auch der Gesamtvorsprung des Fundaments über die reine Mauer der Vorderseite (oder bei d Fig. 21. A. und D.) = 33 - 21 + 2 = 10' zu betragen haben, während an den beiden Schmalseiten des Thurms (bei a und b Fig. 21. A. und C.) der Fundamentvorsprung = $\frac{33-21}{2} = 6'$ beträgt. Verschiedene Baumeister ziehen es vor, die ungleich schweren Constructionstheile solcher Bauten, von der Grundsohle aus ganz isolirt aufzuführen, indem sie die anschliessenden niedrigeren Mauern, blos durch einen senkrechten Mauerzapfen wie Holzschnitt 19. A. oder B. ergibt, mit den ersteren verbinden. In letzterem Falle würde die Fundirung des Thurms wie bei Fig. 21. B. sein müssen und die Grundsohle des Fundamentes, auf jeder Seite 6' Vorsprung über die reine Mauer erhalten.

Es ist auch häufig der Fall, dass eine bereits früher aufgeführte Mauer, welche sich schon gesetzt hat, verlängert oder mit einer anderen neuen unter irgend einem Winkel verbunden werden soll. In diesem Falle ist es rathsam, bei der Auführung der ersten Mauer dieselbe schon mit einer stumpfen senkrechten Nuthe herstellen zu lassen, um späterhin die neue daran setzen zu können; wo dann allerdings diese Fuge offen bleiben wird, dem regelmässigen Setzen des neuen Mauertheils aber kein Hinderniss im Wege steht und daher schädliche Risse vermieden werden. Bei Backsteinmauerwerk, welches sich verhältnissmässig der vielen starken Mörtelfugen am meisten setzt, hat man, wenn Gesimshöhen zu berücksichtigen sind, und die Mauer unter den gewöhnlichen Vorsichtmassregeln aufgeführt wird, noch darauf zu achten, dass dieselbe um $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{150}$ sten Theil ihrer Höhe, allen Erfahrungen zu Folge sich setzt.

Wegen dieser Setzung neuen Mauerwerks, ist bei allen Mauern, mögen sie aus künstlichen oder natürlichen Steinen bestehen, es eine Hauptregel, bei ungleicher Auführung Stockzahnungen zu vermeiden und wenn man dennoch gezwungen sein sollte, einen Theil der Mauer in geringerer Höhe liegen zu lassen, um ihn erst später mit den bereits höher geführten Theile wieder zu verbinden, so muss dies durch eine dem Material angemessene Abtreppung in Rücksicht auf den Verband, erzielt werden.

c. Technische Ausführung der Fundamentmauern.

Wir bemerken schliesslich noch, dass die untersten Lagen des Fundamentes gewöhnlich aus den grössten Steinblöcken gebildet werden, wobei man diese mit dem Hammer rauh zurechtet; ist aber das Gründungsbett zusammendrückbar, und sind die Flächen der Steine nicht eben, so ist es besser, kleine Steine zu nehmen und diese mit einer schweren Handramme fest einzustossen; diese Steine binden sich besser in das Bett als die grossen Steine. Die darauf folgende Schichte muss dann aber aus grossen Steinen bestehen, um die kleinen Steine besser zu überbinden und den Druck gleichförmiger auf sie zu vertheilen. Bei lagerhaften Bruchsteinen werden, wie bereits bemerkt ist, grosse plattenartige Steine ausgesucht und dieselben auf die nach der Setzwage geebnete Grundsohle gleich mit Mörtel versetzt. Die Steine werden dicht an die Seiten der Fundamentgrube angetrieben und ebenso auf die Grundsohle und ist darauf zu sehen, dass weder der Stein hohl liege, noch grosse Stossfugen habe. Vor dem Versetzen der zweiten Schicht, werden für jede neue Steinlage die vorhandenen grösseren Unebenheiten der ersten Schicht mit dem Hammer beseitigt und die Vertiefungen durch Zwickeln ausgeglichen. Sowohl die Ausgleichung der unteren Schicht, wie die neu zu versetzenden Steine müssen frei von Schmutz sein; auch werden die Lagerflächen und die Stossfugen, vor dem Aufgeben des Mörtels jeder Zeit mit etwas Wasser besprengt. Bevor der Mörtel aufgegeben wird, muss der Arbeiter den Stein trocken auf sein Lager probirt und wo es fehlt, dasselbe nachgerichtet haben. Das bessere Lager wird stets nach Unten genommen und es liegt, wenn derselbe durch etliche Hammerschläge in den Mörtel fest eingepresst wird, der Stein dann um so fester, weil der aufgetragene Mörtel blos die kleinen Unebenheiten der Lagerflächen ausfüllt. Das Antreiben durch den Hammer geschieht, indem der Arbeiter den Fuss auf den Stein setzt und dann die Schläge gibt. Um sich aber bei wichtigen Arbeiten von der festen Lagerung der Steine zu überzeugen, muss man sich auf dieselben mit beiden Füssen stellen und das Hohlliegen durch Ab- und Aufkippen mit der Fusspitze über die Ecken ermitteln. Liegt der Stein nicht fest, so muss er wieder



Fig. 19.

aufgehoben und das Lager besser zugerichtet werden, worauf er aufs neue in Mörtel gesetzt wird; die Stossfugen werden mit der Breitseite des Hammers nach dem Augenmass bloß zugeschlagen.

Da die Stossfugen der Vorsatzsteine den Kern des Mauerkörpers mit der Aussenseite verbinden, so ist gerade hier besonders darauf zu achten, die Ausmauer-Steine gut in die Ecken der Vorsatzsteine einzupassen und das Auszwicken der Stossfugen mit kleinen Steinsplitten und viel Mörtel, nicht zu gestatten. Die Vorsatzsteine werden am besten aus je zwei Läufern und einem Binder vermauert und wo möglich viele Binderfugen durch den Mauerkörper hindurch geführt, wodurch im Innern der Mauer sich von selbst ein guter Verband ergibt. Die Tafel 2. zeigt in den Fig. 1. C., den Verband zweier Schichten; desgleichen die Fig. 3., wobei zugleich darauf hingewiesen ist, dass auch an der Aussenseite bei den Vorsatzsteinen die Zwickeln, wie *m, n, o* zu vermeiden sind.

Die Ecken der Fundamente müssen aus den grössten, resp. lagerhaftesten Steinen gebildet werden und verwendet man die unregelmässigen Steine am besten in der Mitte der Mauer; wo dann auch die Zwickeln zur Ausgleichung sich am dienlichsten erweisen. Bei sehr dicken Mauern, die über 5 bis 6' messen, können selbst 2 bis 3' starke zusammengesetzte Ziegel (sogenannter Schmolz,) im Kern der Mauer vorthellhaft verwendet werden; aber man muss denselben mit einem

schweren eisernen Schlägel ein gutes Lager zurichten und alle stark überragenden Theile beseitigen, so, dass der Block gleichsam nach Oben verjüngt ist und schichtweise dicht ummauert werden kann.

Die Schichten müssen durch das ganze Fundament gleichzeitig aufgeführt werden, um ungleiches Setzen desselben zu vermeiden. Die Steine der obersten Schichte des Fundamentes sollten hinreichend gross ein, damit die nächste Schicht des Oberbaues noch auf die äusseren Steine dieser Schichte zu liegen kommt. — Für die Fundamentmauern soll man hydraulischen Mörtel verwenden, und der Oberbau sollte nicht bald begonnen werden bis der Mörtel angetaucht hat durch das ganze Fundament zu erhärten.

Vor dem Ausheben der Fundament-Gruben muss jederzeit die Tiefe der Kellersohle bezüglich dem Hopfplaster und vorliegenden Strassenrücken, durch Nivellement festgestellt werden, indem hiernach sich sowohl die Fussbodenhöhe des ersten Stocks, wie auch die Planirung des Hofes, oder Abwässerung desselben zu richten hat. Bei der Fig. 5. liegt der Fussboden des ersten Stocks nur ca. 2' über dem Strassenrücken und dürfte demnach der höchste Punkt des Hofraums bei 1' Ueberhöhung, zur geregelten Abwässerung sich genügend erweisen, wonach die Fundamentgruben doch 11' tief ausgehoben werden müssten; bei der Fig. 6. sind die Fundamentsohlen bloß 10 1/4' tief unter die Hofebene auszugraben.

B. Mauerverband aus natürlichen Steinen

(Bruchsteinmaterial).

3. Qualität der Bruchsteine und Quader oder Werkstücke.

a. Gewinnung der Steine.

Sollen bei der Ausbeute von Steinbrüchen dieselben einen geregelten Betrieb erhalten, so müssen alle Bänke eines Sand- oder Kalkstein-Bruches möglich zu verwerten gesucht werden. Für den Unternehmer, wie nicht weniger den Ausführenden eines Baues, kann es daher auch nur vorthellhaft sein, eine gemischte Bestellung aufzugeben, so dass die besten Lager der Schichtungen oder Bänke, zu Werkstücken und grossen Quadern, die weniger guten Bänke, zu Mauersteinen gebrochen werden können. Denn es kann hier selbst die Grösse der Quader weniger von der Willkür des Bauausführenden abhängig sein, als viel mehr von der Dicke der Flütze im Steinbruche und besonders bei Grossbauten ist es von Belang, auf diesen Bestand bei den verschiedenen Lieferanten stets Rücksicht zu nehmen; indem die eigenthümliche Beschaffenheit des Materials wichtiger ist, als selbst die Widerstandsfähigkeit eines im Bauplan angenommenen Quaders wenn derselbe einmal liegt, es an sich sein kann. Zu dieser Schwierigkeit die geeignete Form in vorzüglicher Qualität zu beschaffen, kommt denn noch die Beschwerlichkeit des Transportes und die Unwahrscheinlichkeit in grosser Dimension gebrochene Quader, ohne eigene Transport-Vorkehrungen (wie per Eisenbahn oder Wasser), gut auf den Bauplatz zu bekommen, hinzu. Grosse Quader haben auch das gegen sich, dass sie gewöhnlich verborgene Fehler enthalten, die vor ihrer Bearbeitung sich nicht leicht auffinden lassen, wenn man auch bei Abnahme des Steins, denselben noch so sorgfältig untersucht hat. — Die Festigkeit hingegen, erfordert bloß, dass nicht allzuharte Quadersteine höchstens doppelt so breit als hoch und dreimal so lang als hoch, — harte Steine aber, höchstens doppelt so breit als hoch und doppelt so lang als breit gebrochen werden sollen; wenn nicht durch besondere Bestimmung andere Ausmasse bedingt sind. Ist das letztere aber der Fall und liegt die Absicht vor ein in jeder Beziehung ausgezeichnetes Material aus dem Steinbruche zu erhalten, so muss ermittelt werden, wie viele Flütze an guten Quaderbänken ein jeder Bruch (der Lieferanten) enthält und erweist es sich alsdann als zweckmässig, nach dem so erhaltenen Resultate die Lieferungen einzurichten und jedem Uebernehmer ein verhältnissmässiges Quantum an Quadern und Mauersteinen zur Anlieferung aufzugeben.

In allen jenen Gegenden, wo bloß Findlinge, Feld- oder Geschiebesteine zu Gebot stehen, sind ganz andere Rücksichtnahmen erforderlich, da hier die Steine in der Form, Lagerhaftigkeit und Härte mehr oder weniger sich eignen, einen regelmässigen Verband herstellen zu lassen und ist es oft sogar schwierig, mit Bruchsteinen aus runderlicher Gestalt ein festes Mauerwerk auszuführen.

Für die Stockwerksmauern aller Hochgebäude ist besonders zu empfehlen, nur Steine aus Brüchen die gegen Süden liegen und auch diese erst alsdann vermauern zu lassen, wenn dieselben zur Entfernung der Bruchfeuchtigkeit durch den Frost, wenigstens einen Winter hindurch vor dem Beginne des Baues aufgeschachtet waren.

Bei öffentlichen Bauten, wo die Mauern weit stärker sind, erfordert die Austrocknung der Bruchsteine, eine noch grössere Sorgfalt und hat z. B. die Erfahrung gelehrt, dass Fresko-Malereien, die nach dem 10ten bis 12ten Jahre der Bauausführung im Innern des Gebäudes hergestellt worden sind, doch nasse Flecken entstehen liessen, die, ohne die Malerei zu zerstören, auch nicht wieder entfernt werden konnten. Enthält daher das Bruchsteingemäuer bewohnter

Räume noch Feuchtigkeit, so ist nicht zu leugnen, dass wenn dieselben auch während der Wintermonate gut geheizt werden, dieselben doch der Gesundheit der Bewohner nachtheilig sich erweisen müssen. Auch hat die Erfahrung bewiesen, dass 6 bis 8' dicke Bruchsteinmauern, wie solche bei bewohnten Casematten in Festungen getroffen werden, ohne besondere Vorkehrungen, oft 20 bis 30 Jahre zu ihrer völligen Austrocknung brauchten. Werden indess 2 bis 2 1/2' dicke Hausmauern aus Bruchsteinen, wie Oben bemerkt ist, aufgeführt, dann können die Räume, sofern man das Gebäude im Herbst gerichtet hat, ohne Bedenken im darauffolgenden Sommer bezogen werden; stets ist es gut den innern Wandverputz mit hydraulischen Mörtel, herstellen zu lassen.

Soll die Bauausführung von Neubauten keinerlei Unterbrechung erleiden und bei Verwendung von Werkstücken ein dauerhaftes Material beschafft werden, so muss die Anlieferung der Quader auf jeden Fall noch vor Eintritt des Winters für das darauffolgende Baujahr geschehen. Denn wenn man auch nach alten Gebäuden, deren Quader aus demselben Steinbruche bezogen sind, durch den Augenschein einen ziemlich sichern Schluss auf die Dauerhaftigkeit des Materials ziehen kann, so hat doch die Erfahrung dargethan, dass aus ganz bewährten Brüchen bezogene Quader, durch den Winterfrost zerstört worden sind; oder mit andern Worten: in jedem Bruche finden sich vielerlei Arten von Steinarten vor. Um daher aus dem Bruche eine gute Qualität von Quadersteinen zu erhalten, lasse man sich von der härtesten Gattung einen Probestein in der Grösse von 1 bis 2 Cubikfuss zustellen und gebe auf Grund dieses Probesteines die Lieferung zu dem Baue unter der gemachten Bedingung auf, dass der Uebernehmer noch vor Eintritt des Winters (besser ein Jahr vor dem Verbrauch) die Steine abliefern; die übernommenen Steine lasse man dann an einen eignen bestimmten Ort so lagern, dass die Bruchlager nach Oben gekehrt sind. Die Steine lagern während des Winters im Freien, die durch Nässe gesättigt und unter dem eintretenden Froste gefrieren; aber unter Einwirkung der Sonne im Frühjahr wieder aufthauen, wo denn die fehlerhaften Steine alle Mängel, als Brüche, Risse, eingesetzte Stücke u. s. w. leicht erkennen lassen. Diese Mängel werden grösstentheils sofort ersichtlich und bei einigermaßen aufmerksamer Untersuchung, etwa durch Anschlagen mit einem Eisen wird es wahrzunehmen sein, wo betrügerische Vorkehrungen vorgenommen worden sind; welche hier einen dumpferen Klang haben, oder auch — indem zum Wenigsten bei falschen Lagern, die Feuchtigkeit stärker bemerkbar ist, als an solchen Steinen, die keinen Schaden haben.

Die Alten verwendeten zu ihren Pracht- und Nutzbauten im allgemeinen weit vorzüglichere Materialien, wie wir z. B. Marmor, Porphy, Basalt und Granit; wohingegen heute wegen der leichten Bearbeitung und Gewinnung auch für öffentliche Bauten, zumeist nur Sandstein und mitunter auch Kalkstein gebraucht wird. Da wir aber fast bei allen Bauten gewöhnlich nur für diejenigen Bautheile Quader zu verwenden pflegen, wo eine besondere Dauerhaftigkeit nöthig ist, so wird es sich auch rechtfertigen, hier noch einiges Allgemeine darüber zu bemerken: Jeder aus dem Bruche kommende Stein, hat, wie bereits Oben gesagt ist, eine eigenthümliche Feuchtigkeit (Bruchfeuchtigkeit), welche, so lange sie nicht verdunstet ist, auch die Dauerhaftigkeit desselben nur schwer erkennen lässt. Verschiedene Steinarten sind im Bruche so fest, dass sie mit Pulver etc. gesprengt